

総合論文

ヤマブドウ研究

— 樹及び果実の特性 —

岡本 五郎・後藤信太郎^{a)}・植木 啓司^{b)}

(応用植物科学コース)

Studies on *Vitis Coignetiae* Grapes

— Vine Physiology and Fruit Constituents —

Goro Okamoto, Shintaro Goto^{a)} and Keiji Ueki^{b)}

(Course of Applied Plant Science)

Vitis coignetiae Pulliat is one of the naturally growing grape vines in the Japanese Islands, of which the fruit has been utilized as a healthy juice and wine. In Hiruzen Highlands, the vines have been cultivated for wine making since the 1980's. We have studied the physiology of berry set and berry maturation of the vines to improve the fruit production and fruit quality for last 14 seasons. *V. coignetiae* vines are dioecious and need insect pollination, mainly by two species of Diptera, *Eristalis tenax* and *Eristalis cerealis*, and one species of Hymenoptera, *Ceratina japonica*, indicating that mix planting with male vines and reservation of such insects are recommended. Once pollen grains have pollinated onto the stigma, most of them grow a pollen tube to penetrate into ovule tissue and finally reach the embryo sac to complete ovule fertilization. There are several types of *coignetiae* vines in Hiruzen vineyards that have different genetic backgrounds. RAPD analysis of 15 vines revealed that they can be divided into three groups and two individuals. *Coignetiae* vines have been found to have a lower tolerance for water logging than other cultivars, whereas they have moderate drought tolerance. Furthermore, *coignetiae* vines are not very disease tolerant, especially toward downy mildew, indicating that growers must take sufficient care over drainage and fungus control. *V. coignetiae* vines accumulate high levels of sugar and acid into the flesh and anthocyanins in the berry skin when they reach the full ripe stage, which is mid and late October in Hiruzen. Tartaric acid, the main acid constituent in *coignetiae* berries, is contained at levels as high as 1.0%. Amino acid concentration in the juice is much lower in most *coignetiae* vines than other wine grapes, although a special *coignetiae* vine with berries with high amino acid content has been found. *V. coignetiae* berries have been proved to have several functional properties such as high free radical scavenging activity and anti-photodecomposition of anthocyanin pigments. As commercial products of *coignetiae* berries, beautiful wines, pure juice, and wine vinegar with a rich and fruity taste are produced.

Key words : juice constituent, skin anthocyanin, functional food, *Vitis coignetiae*, wine, wine vinegar

ヤマブドウの特性と栽培の経過

ヤマブドウ (*Vitis coignetiae* Pulliat) は、日本列島にのみ自生する野生ブドウの一種で、主として北海道の平地から本州、四国の低山地に分布している²⁵⁾。樹勢は強く、瘠せた土にも繁茂し、耐乾性も強い。新梢は匍匐性で、高木の樹冠表面を伝って高く伸びる。ヤマブドウは雌雄異株であり、雌樹の小花には反転した花糸を持つ葯が4～5個形成され、花粉も発達するが、発芽溝がなく、発芽能力を持たない。一方、雄樹では雌ずいはほとんど発達せず、4～5本の斜立する花糸に葯が形成され、約

2,000個の発芽能力を有する花粉が形成される (Fig. 1)。従って、結実のためには雄樹の花粉が雌樹の雌ずいの柱頭に運ばれることが必要である。受精すると1～2gの果粒になり、1果房に100粒前後の果粒を着ける。果肉は柔らかく、高濃度の酒石酸を含み、果汁は酸い。果

Received October 1, 2007

a) 岡山大学大学院自然科学研究科

(Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University)

b) ひるぜんワイン(有)

(Hiruzen Winery Co. Ltd.)

皮には多量の色素（アントシアニン）を含み、外観は濃紺～黒色となる（Fig. 2）。

自然に実ったヤマブドウ果実は、古くから近隣の住人によって収穫され、酒や果汁、ジャム、乾しブドウとして食用されていた。特に、東北各県ではヤマブドウの利用が盛んで、滋養の高い飲み物として、果汁が広く利用されてきた。1980年代から山形県の鶴岡市、西川町など、岩手県八幡平町、久慈市など、岡山県蒜山などで栽培に移され、地域特産物として産業利用されるようになった。最も大規模に栽培・生産されているのは岩手県で、栽培面積は約115ha、180 tが生産されている（2005年度、以下同じ）。また、山形県では約30haで64 tが生産され、長野県、青森県でも10 t以上の生産がある。主産県では優良系統の選抜や品種の確立が行われ、岩手県では涼実紫1号などが品種として登録された^{1,24)}。

岡山県真庭郡川上村（現：真庭市蒜山）では1978年からヤマブドウの栽培化に取り組み、1981～1983年に約1 haの村営ヤマブドウ試作圃場を設置して、1000本の挿し木苗を植えた。その後、栽培技術の確立と優良系統の選抜を始め、栽培が可能であることが確認された1986年から、村有林にヤマブドウ園を造成して、希望する農家に土地を貸与し、原料生産の拡大を図った。一方、ヤマブドウワインの製造方法の確立と品質の改善のために、1978年から野生のヤマブドウ果実を集めて、岡山県農業試験場に試験醸造を依頼し、1983年からは村営の試作圃場で収穫された果実を用いたワイン醸造を始めた。1988年には、第3セクター「ひるぜんワイン(有)」が設立され、1.9 tのヤマブドウ果実を原料として、本格的なワイン醸造が始まった。その後、ヤマブドウの栽培農家も増え、1990年には27農家が合計約10.5haでヤマブドウ生産を行う態勢となった。しかし、果実の収量は安定的ではなく、1990年代の後半は、約20 tを超えるシーズンもあれば、10 t以下しかないシーズンもあった。従って、当時は結実不安定の要因解明と対策が求められた。一方、製造されたヤマブドウワインは非常に酸味と苦味が強く、個性的なワインとしての評価もあったが、より広く受け入れられやすい高品質なワインへの改良も必要であり、そのためには原料果実の品質向上とワイン製造技術の改善が必要とされた。

このような岡山県蒜山におけるヤマブドウ生産とワイン醸造の背景の下に、著者らは、1994年からヤマブドウ果実の生産安定と果実の品質向上を目標として、基礎的な調査と実験を始めた。これと平行して、ひるぜんワイン(有)では、飲みやすい、そして、本格的なヤマブドウワインの製造を目指して、様々な研究が行われた。以来、十数年にわたる研究の成果として、国内外の学術雑誌に掲載された原著論文は14篇を数え、それらの基となった大学院・学部学生の研究論文として、博士論文2篇、修士論文1篇、卒業論文4篇がある。ヤマブドウ研究は現

在も継続中であるが、ここに、これまでの研究成果をまとめるとともに、ヤマブドウの生産と加工に関する現状を示す。

ヤマブドウ樹の系統調査

蒜山で栽培されている約4,500本のヤマブドウ樹には、新梢、葉、花穂、果房の外観的特徴からいくつかの系統が存在することが知られていた。特に、花芽が多く、結実のよい樹や大房を着ける樹や存在は、高収量であることや、収穫の手間が省けることなどから注目され、1号、3号と称されていた（Fig. 3）。その後の苗木の育成には、この樹の穂木が主として用いられてきた。しかし、そのような系統の識別は、視覚的な特長によるものであり、また、結実性や果実品質などの特性は明らかではなかった。そこで、2000年にDNA解析を含め、科学的な調査を行った。

1) 新梢、花穂の形状による系統識別

蒜山の明連地区で垣根栽培されているヤマブドウ16樹と棚栽培されている13樹について、発芽後の幼葉の色調、開花期の巻きひげ、花穂の軸の色調を調査した結果、緑色の濃いものから赤色の濃いものまで様々であり、また、花穂と幼葉の色調の傾向も一定ではなかった¹³⁾。従って、これらの樹の中には明らかに遺伝的に異なる数系統が混在すると考えられた。

2) RAPD 分析による系統識別

上記の視覚的識別の結果から、代表的と推定される15樹の幼葉を用いて、26種類のプライマーによるRAPD解析を行った。Table 1は各個体間で多形を示した19種類のプライマーで得られたバンドの一致率を示したもので、85%以上のバンドが一致した個体を同じ系統とするならば、この15樹は3つのグループ（No.1, 2, 7, 12, 13, 14樹, No.4, 10, 15樹, No.3, 6樹）があり、これとは別に、独自の遺伝子配列を有する個体（No.8, 11樹）が存在すると判断された¹³⁾。

3) まとめ

蒜山で栽培されているヤマブドウ樹にはいくつかの系統が混在している。従来、優良系統として苗生産に用いられてきた1号、3号は、新葉や花穂の色調や形状による識別であるため、必ずしも正確な系統分離にはなっていない。本研究で得られた遺伝子配列に基づく系統識別と、それぞれの樹体の特性、特に結実性と果実品質の特徴を明らかにし、ワイン原料として最も優れた個体や系統を選抜、増殖することが、今後のヤマブドウ生産の発展に必要である。

ヤマブドウ樹の耐乾・耐湿性、耐病性

ヤマブドウは野生の植物であるので、耐乾・耐湿性や耐病性など、自然の不良環境には強いと考えられがちである。しかし、これが栽培に移され、ブドウ園として何

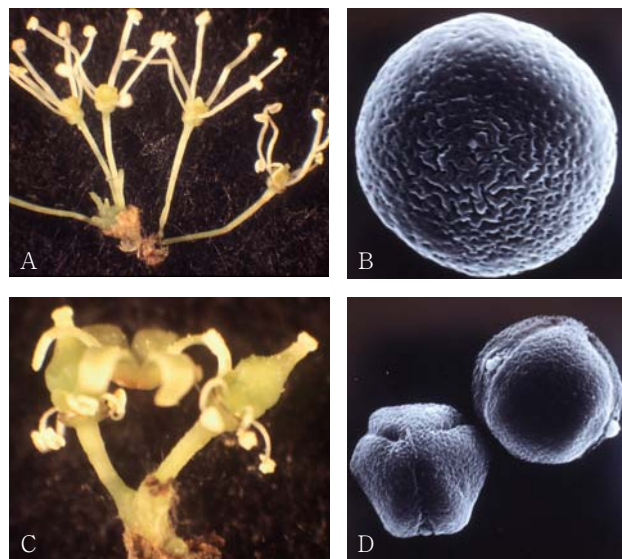


Fig. 1 Male flowers of *Vitis coignetiae* (A) and normally developed pollen grain (B) inside the anthers. Female flowers with curved filaments (C) with undeveloped pollen grains (D).



Fig. 3 Different type of *V. coignetiae* vines producing long and loose clusters with reddish rachis (left) and compact clusters with greenish clusters (right).

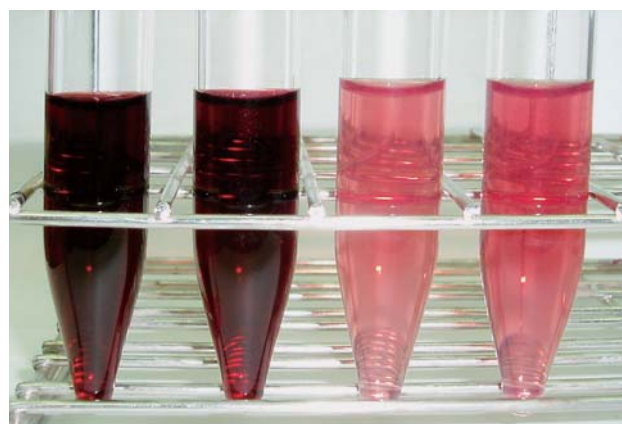


Fig. 9 Vine vinegars produced from *V. coignetiae* berries (left) and Pione berries (right).

年も集約的に管理された場合に、そのような耐性が持続されるかどうかは明らかでないし、他の一般的な栽培品種との正確な比較がされた例は少ない。そこで、ヤマブ



Fig. 2 Fruit clusters of *Vitis coignetiae* vine at full ripe stage.



Fig. 4 Reddish and wilted leaves of *V. coignetiae* vines after water logging treatment (upper). Drought tolerant of *V. coignetiae* vines (lower, right) when Kyoho leaves have already dried (lower, left).

ドウを含む数種のブドウ挿し木個体をハウス内で列植えし、耐乾・耐湿性を比較した¹⁵⁾。また、蒜山のヤマブドウ試験地で、ヤマブドウの成木とともに栽植されている

で、受粉は容易である。しかし、他家受粉を必要とする場合、風媒受粉は非常に限られており、効率的な受粉は昆虫の媒介が必要とされている³⁰⁾。ヤマブドウ樹の受粉が風媒で可能か否か、虫媒によるとすれば、どのような昆虫が蒜山では役割を果たしているかを1997~1998年に調査した^{6,7,9)}。

まず、雄樹から2~12m離れた位置にあるヤマブドウの雌樹の花穂に、昆虫が通過できないプラスチック製のネット（ネット区）、あるいは花粉も通過できない紙袋（紙袋区）を開花期直前に掛け、満開後に雌ずいを採取して柱頭の花粉付着状況と、雌ずい内への花粉管の伸長を、ネットや袋を掛けない対照区と比較した。その結果、対照区では雄樹からの距離が4または8m以内であれば、平均10個以上の雄樹の花粉が柱頭に付着したが、ネット区及び紙袋区では、いずれの位置の花穂でもヤマブドウ雄樹の花粉の付着が認められなかった（Table 2）。このことから、ヤマブドウの受粉には昆虫の媒介が必要であり、8m以内の近距離に雄樹が存在することが必要と判断された。

満開期の早朝から日没まで、雌樹の標準的な15花穂に訪れる昆虫の種類と数を調査するとともに、各種の昆虫を採取して、種の同定を行った。その結果、最も主要な訪花昆虫は、ハナアブとハナバチであり、この2種の訪花回数は全昆虫による訪花回数の約80%を占めた。また、これらの昆虫の肢や胴にはヤマブドウ雄樹の花粉が多数付着していることが確認された。

以上の結果から、ヤマブドウの雌ずいが雄樹の花粉を効果的に受粉するためには、雄樹が比較的高密度で混植されていること、ヤマブドウ園の周囲にハナアブやハナバチが多く棲息していることが重要な条件であることが判明した。

2) 受粉後の花粉管伸長、受精の生理

開花したヤマブドウ雌樹の雌ずいを3、5日後に採取して、花粉管伸長を調査した。その結果、柱頭に付着していた花粉数は約3~11個であったが、その約半数は花柱基部まで花粉管を伸長し、約1~2本が胚珠の底部から珠孔に到達した⁷⁾。この花粉管伸長数を一般の栽培品

種と比較すると、柱頭での花粉付着数は非常に少ないが、その内で花柱内へ伸長した花粉管数の比率（約50%）は非常に高く、その後、子房組織内で伸長を停止する花粉管も非常に少ない。従って、ヤマブドウでは、放任受粉では柱頭に付着する花粉数は少ないが、雌ずい内部への花粉管の生長能力は極めて優れていると言える。雌ずい内部の形態を調査した結果、花粉管誘導組織（Pollen tube transmitting tissue）の発達が優れていることが確認された。

3) 結実性

ヤマブドウ雄株5樹から満開期に花粉を採取し、スクロース20%+カンテン1%の培地で培養（25℃、8時間）したところ、約6~18%が発芽し、平均花粉管長は0.4~1.0mmであった⁷⁾。この発芽力は栽培品種のマスカット・オブ・アレキサンドリア（*Vitis vinifera*）やキャンベル・アーリー（*V. labruscana*）の花粉よりもやや劣るものの、結実には支障がないと考察される。

ブドウの結実性を直接的に支配する要因の一つとして、開花期における胚珠、胚のうの完成率が重要視される²¹⁾。代表的な栽培品種とその形状を比較した結果、胚珠の奇形はやや多かったが、正常な胚のうの比率はキャンベル・アーリーと同程度であった（Table 3）。

ヤマブドウ雌株4樹について、花穂上の小花数と、開花3週間後の着粒数を計測して着粒率を算出した結果、20~40%の範囲内であった。これは、一般的な栽培品種の着粒率とはほぼ同等であるが、栽培品種で結実安定のために一般的に行われる新梢の摘心や花穂の整形を実施しないことなどから、ヤマブドウの結実性はむしろ良好と考えられる。

4) 人工授粉の効果

ヤマブドウ雄樹の花粉を集めて、石松子（*Lycopodium* の孢子）またはスキムミルクで2または10倍に希釈し、筆で雌樹の柱頭に受粉した結果、いずれの方法でも柱頭には約140~250個の花粉が付着し、3.9~5.4本の花粉管が珠孔に到達した⁸⁾。一方、0.1、0.5、1.0gのヤマブドウ花粉を1Lの10%スクロース液に希釈し、これを小型スプレーで柱頭に噴霧したところ、柱頭の花粉数は約5

Table 2 Pollination levels in *Vitis coignetiae* after different treatments of clusters^{a)}

Treatment	Total no. of pollen grains /stigma	Pollen type			Stigmas with male flower pollen (%)
		Male flower	Female flower	Other plants	
Emasculation	16.9c ^{b)}	0.4b	15.8c	0.9b	25
Emasculation + net cover	7.9c	0.3b	7.4c	0.2b	25
Net cover	76.9b	0.4b	74.8b	0.7b	29
Paper bagging	228.3a	0.0c	228.3a	0.0c	0
Control	220.0a	2.4a	212.5a	5.3a	63

^{a)}Three clusters of each treatment located 6m from a male plant were used.

^{b)}Means are separated by DMRT (P < 0.05).

～39個，珠孔到達花粉管数は0.1～0.9本で，希釈濃度との関係は明らかでなかった。したがって，粉末受粉は明らかに有効であるが，液体受粉の効果は疑問である。

5) ま と め

ヤマブドウの結実安定には，受精に必要な花粉を生産する雄樹が雌樹の周辺に多数存在することが非常に重要である。園内の混植は勿論，ヤマブドウ園の周囲にも多数の雄樹を自生させることも有効である。ヤマブドウのワイン醸造の過程で，多数の種子が回収されるが，それらは高い発芽能力を有しているのので，積極的にブドウ園周辺に播種して，花粉の供給源として活用させることが可能である。一方，主要な受粉昆虫であるハナアブやコバチが開花期（6月上旬）にヤマブドウ園の周辺に多数生息するような自然環境の保全が必要で，農薬の種類や散布時期に十分配慮する必要がある。雄樹の花粉を集めて，スキムミルクなどで希釈して，人工授粉を行うと確実に受粉，受精を向上させることができるが，上記の雄樹の増殖と，受粉昆虫の維持がなされるならば，人工授粉は特に必要はないと思われる。

ヤマブドウ果実の発育・成熟生理

ヤマブドウは主としてワイン製造のために栽培するのであるから，結実を安定させて果実収量の増加を求めるだけでなく，加工原料としての品質の向上を達成することが重要である。元来，ヤマブドウ果実は糖含量が低く，酸味や苦味が強すぎるものとされてきた。しかし，これを栽培に移した場合，栽培の条件を改善してよりよい原料果実を生産する努力が必要である。われわれは，蒜山のヤマブドウ園の中で，種々の樹勢，着果レベルの条件にある樹について果実の発育と成熟を比較するとともに，人為的に葉果比を調節して，ヤマブドウ果実の成熟に必要な葉面積を推定した。

1) 着果水準と果実発育・成熟

2000年に，村営試験圃場内のヤマブドウ樹の中から，樹勢がほぼ中庸で，着果レベルが様々である6樹（いずれも17年生，自根樹，平棚仕立て）を選んだ。新梢生長がほぼ完了した7月7日に，葉の主脈長から葉面積を推定し，各樹の全葉面積を算出した。また，収穫期（9月

下旬または10月下旬）に各樹の収量を計測し，葉果比（ m^2/kg ）を算出し，高着果レベル（葉果比が約1.2～1.3），中着果レベル（同2.2），低着果レベル（同3.0～3.4）の各2樹とした。これらの樹における果粒の肥大と，成熟に伴う果汁中の可溶性固形物含量（TSS），滴定酸含量（TA），各種の糖，酸，アミノ酸，果皮中のアントシアニンの変化を分析した²⁶⁾。その結果，高着果レベルの1樹では明らかに果粒の肥大が劣ったが，他の5樹では有意な差がなかった。TSSの蓄積，TAの減少には着果レベルによる一定の差がなく，TSSは10月下旬まで上昇を続け，TAも10月下旬まで低下し続けた。なお，糖成分はフラクトースとグルコースであったが，成熟期間中，前者の濃度が後者より20～10%高かった。また，酸の組成は酒石酸とリンゴ酸であったが，成熟初期から前者が後者より約28%高く，その後，リンゴ酸は徐々に減少したが，酒石酸はほとんど減少せず，10月下旬においても約1.5%の高い含量を維持した。アミノ酸はグルタミン酸，アラニン，プロリンなどが主成分であったが，着果レベルによる明らかな差はなかった。果皮のアントシアニン含量（ OD_{535} ）も10月下旬まで上昇を続けたが，やはり着果レベルによる差はなかった。

2) 葉果比と果実発育・成熟

2000年に，妙連地区のヤマブドウ経済栽培園で垣根仕立ての1樹（14年生，自根）を供試して，結果枝上の葉数と果粒の発育と成熟との関係を調査した²⁶⁾。すなわち，勢力と果房の大きさが標準的な結果枝を選び，8月2日（硬核中期）に第2果房から先端側に葉数を2，4，7，10枚になるように制限し，結果枝の基部に幅1cmの環状剥皮を施した。この葉数制限によって，葉果比はそれぞれ0.84，1.18，1.54，1.81となった。その後の果粒肥大は2枚区で明らかに劣り，4枚区でも7，10枚区よりやや劣った。しかし，TSSの蓄積，TAの低下は差がなく，全アミノ酸，アントシアニン含量にも有意な差はなかった。

3) 樹勢と果実発育・成熟

2001年に，同地区の経済園6か所から，樹勢が様々である16樹（いずれも垣根仕立て，自根）を選び，ベレゾン期に新梢各部のサイズを測定し，収穫期（10月上旬）

Table 3 Comparative distribution of ovule development stages in female flowers of *Vitis coignetiae* and three commercial varieties^{a)}

Species or cultivar	Deformed ovules (%)	Embryo sac (%)				
		Unformed	2 to 4 nucleate	Polar nuclei unfused	Abnormal egg apparatus	Perfect
<i>V. coignetiae</i>	5.8	4.3	1.4	8.7	26.1	53.6
Muscat of Alexandria	0.0	0.0	7.2	0.0	1.4	91.3
Campbell Early	0.0	32.0	0.0	6.8	6.8	54.2
Pione (4x)	4.2	29.5	28.6	3.5	17.5	16.7

^{a)}Averages for 30 pistils collected randomly for each species or cultivars.

に収量と果実成分を分析した²⁾。また、結実期から収穫期まで、葉身、葉柄及び土壌(深さ20cm)の全Nを分析した。樹勢の指標として、主枝1m当りの総新梢長を測定した結果、強樹勢の樹では約1,500~1,200cm, 中樹勢樹では800~500cm, 低樹勢樹では450~280cmであった。葉中の全N含量は、いずれの樹でも徐々に低下したが、弱樹勢樹では強・中樹勢樹よりも成熟期の低下が著しかった。弱樹勢樹では成熟開始期の土壌中全N含量が特に低かった。弱樹勢樹では果粒の肥大が不活発で、果汁のTSSは高かったが、TAの減少が著しく、アミノ酸含量も低かった。

4) ま と め

蒜山で栽培されるヤマブドウ果実の成熟は、8月中旬から始まって、10月の下旬に完熟に至ることが判明した。従来、この地区では、ヤマブドウの収穫が9月中下旬に行われていたが、果実品質から見ると明らかに未熟段階での収穫である。完熟段階に到達するとTSS含量は20度を超え、ワインブドウとして十分な糖含量であると言える。一方、完熟段階でも酒石酸濃度が非常に高く、TAが1.5%以上の場合が多いのはヤマブドウの特徴である。葉果比が1以下になると、果粒の肥大が劣るものの、成分的にはあまり影響されないことも、一般の栽培ブドウと大きく異なる点である。実際には、ヤマブドウの果房は100g前後と小さいので、2房着生しても着果過多になることは少ない。樹勢が弱いとアミノ酸含量が低くなるので、ワイン原料としては好ましくない。成熟期に土壌や葉中の全N、アミノ酸が極端に低下しないように適正な肥培管理を行うべきである。

ヤマブドウ果実成分の特性

ヤマブドウ (*Vitis coignetiae*) は、一般に栽培されているヨーロッパブドウ (*V. vinifera*) やアメリカブドウ (*V. labrusca*)、及び両者の交雑種とは異なる種の植物である。従って、果実成分についても特有の組成を有する可能性がある。栽培の主な目的が赤ワインの醸造であるので、ワインの品質に重要と思われる成分について、一

般的な赤ワイン用ブドウ品種と比較した。

1) 果皮中の色素 (アントシアニン)

2000年に、妙連地区の試験圃場から、ヤマブドウ果粒を収穫初期(9月26日)と完熟期(10月27日)に採取し、果皮を凍結乾燥後、メタノール-塩酸で色素を抽出した。県内赤坂町のサッポロワイン岡山工場の展示ブドウ園で9月下旬に収穫されたカベルネ・ソービニオン果粒からも同様に色素を抽出し、HPLC分析した²⁶⁾。その結果、ヤマブドウの成熟熟度によるアントシアニンの組成は大差なかったが、カベルネ・ソービニオンには含まれていない2種類の色素が検出された。このアントシアニンについてLC-MS装置を用いて解析した結果、それらはmalvidin-3, 5-diglucosideとmalvidin-3, 5-diglucoside-coumarateであることが明らかになった¹⁴⁾。これらのアントシアニンはアメリカ系ブドウの果皮には一般的に多く含まれているものである。

2001年に、妙連地区のヤマブドウ10樹から完熟期の果粒を採取し、アントシアニン組成をHPLC分析した。その結果、いずれの樹でも、主成分はmalvidin-3, 5-diglucosideとmalvidin-3, 5-diglucoside-coumarate, malvidin-3-glucosideなどであったが、malvidin-3, 5-diglucosideが占める比率は樹によって様々で、約50~53%が2樹、約33~43%が6樹、他の2樹は20%前後であった²⁷⁾。このような組成の大きな違いは、樹の遺伝的背景の相違によるものと思われる。

2) 果汁中の糖, 酸, アミノ酸, ポリフェノール含量

ヤマブドウ果実の糖組成はブドウ糖(Glucose)と果糖(Fructose)、酸の組成はリンゴ酸(Malic acid)と酒石酸(Tartaric acid)であり、一般の栽培ブドウと同じである。ただし、ヤマブドウは酒石酸含量が完熟期でも1~1.5%と非常に高く²⁶⁾、それが一つの特徴と言える(Table 4)。

アミノ酸組成は、多くの赤ワイン用品種(*Vitis vinifera*)で多く含まれるプロリンが少なく、一般には含量が少ないグルタミン、グルタミン酸が比較的多いが、全アミノ酸含量は10mmol/L程度と少ない。2002年に、

Table 4 Comparison of must constituents produced from clusters of *Vitis coignetiae* and several *V. vinifera* grapes^{a)}

Species and cultivar	TSS (Brix)	pH	Fru	Glu	Tart	Mal	Total phenol ^{b)} (ppm)	Anthocyanin (OD ₅₃₅)
			(g/100mL)					
<i>V. coignetiae</i>	19.2	2.8	9.23	8.61	1.52	0.55	393.8	1.161
<i>V. vinifera</i>								
Cabernet Sauvignon	19.5	4.2	8.56	9.30	0.27	0.18	285.8	0.439
Cabernet Franc	20.4	4.0	8.90	9.72	0.25	0.24	265.3	0.498
Pinot noir	20.0	4.2	9.26	10.10	0.29	0.44	263.9	0.288

^{a)} Clusters of *V. coignetiae* were harvested from Hiruzen vineyard; those of *V. vinifera* from Sapporo Winery vineyard located in Akasaka-cho, Okayama.

^{b)} Shown in garlic acid equivalent.

妙連地区の16樹の収穫果実についてアミノ酸組成を比較した結果、全アミノ酸が約22mmol/Lの1樹、10~16mmol/Lの4樹があった他は、8mmol/L以下で、7樹では5mmol/L以下であった (Fig. 6)。また、約22mmol/Lの高アミノ酸樹の主成分はプロリンであり、他の10mmol/L前後の3樹でもプロリンが主成分であった²⁾。プロリンは、ワイン醸造中に酵母によって資化されないで、ワイン中に残って、ワインの厚みに貢献する。蒜山で栽培されるヤマブドウ樹の中に、わずかながら高プロリン果実を生産する個体の存在が確認されたことは、今後の高品質ワインの製造に向けて、優良系統としてに大きな貢献をする可能性がある。

2003年に、岡山大学内及び蒜山で収穫されたヤマブドウ、カベルネ・ソービニオン果実について、ワイン製造用に果房を圧搾して得た果汁 (マスト) の全ポリフェノール含量を分析した。搾汁の全処理として80℃に加熱した場合は、無加熱搾汁マストより2~4倍の全ポリフェノール含量が検出された。また、岡山大学内のヤマブドウよりも蒜山のヤマブドウの方が有意に含量が高く、未熟果よりも完熟果で高かった²⁸⁾。蒜山妙連地区内のヤマブドウ樹15樹について、ベレゾーン期から完熟期に至るマストの全ポリフェノール含量の消長を調査した結果、未熟期に非常に含量が高く、その後急減した樹や、逆に完熟期にかけて増加した樹などがあり、完熟期の含量も400~1,700mg/Lと様々であった⁴⁾。ヤマブドウワインの特徴として高ポリフェノール含量を求めるならば、完熟期に含量の高い樹を選抜する必要がある。

3) 抗酸化活性

上記の全ポリフェノール含量を分析したマストについ

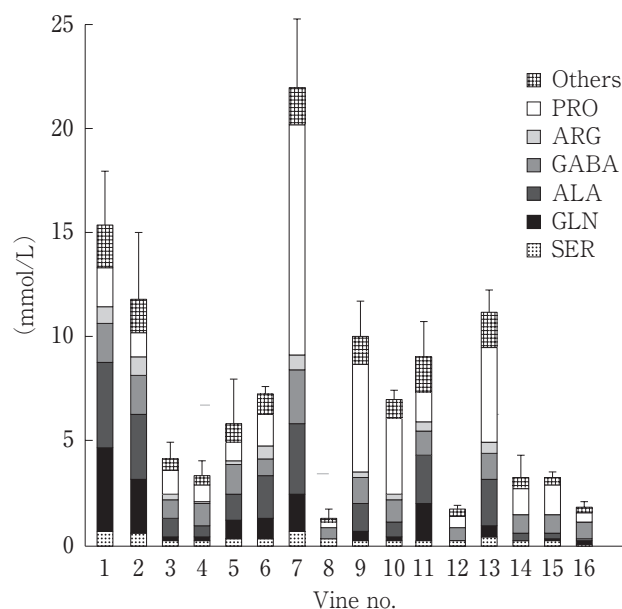


Fig. 6 Amino acid concentrations in berry juice obtained from 16 *V. coignetiae* vines grown in Hiruzen.

て、ラジカル消去能を DPPH 法により測定した⁴⁾。その結果、抗酸化活性はポリフェノール含量の傾向とほぼ一致し、ヤマブドウのマストはカベルネ・ソービニオンに比べて活性が高く、完熟期の果実を加熱搾汁した場合に活性が最も高かった。蒜山のヤマブドウ15樹から得たマストについても、抗酸化活性はポリフェノール含量とほぼ同じ傾向で、ラジカル消去能は550~3,200 unit と樹によって大きな相違を示した¹⁶⁾。

4) 色素の光分解抑制物質

(1) 光分解抑制物質 (b 物質) の発見と化学的特性

Igarashi ら³⁾は、ヤマブドウの含まれるアントシアニン色素は高い抗酸化活性を持つことを示し、新保ら²³⁾はヤマブドウ果汁の光安定性がムラサキイモやアカキャベツの色素液よりも高いことを報告した。数品種のブドウの果汁を一定の色素濃度に調整してポリプロピレン製のバイアルに充填し、これを屋外に置いて露光させた結果でも、ヤマブドウの果汁は、カベルネ・ソービニオン (*V. vinifera*) やピオーネ (*V. vinifera* × *V. labrusca*) よりも明らかに光分解されにくかったが、アメリカ系ブドウ (*V. labrusca*) のキャンベル・アーリーとの差は小さかった (Fig. 7)。一方、上に示したように、ヤマブドウの主要な色素成分はマルビジン-ジグルコシド及びマルビジン-モノグルコシドとこれらのクマレートであって、これらのアントシアニンはアメリカ系ブドウの果実の組成と共通するものであって、特別なものではないことから、ヤマブドウの果汁には、アントシアニンの光分解を抑制する物質が存在すると推察した。ヤマブドウとカベルネ・ソービニオンの果汁からポリフェノール画分を取り出し、HPLC で分離して254nmの吸光を比較した結果、ヤマブドウに特有の大きなピークがいくつか認められた。その内、RT が約7分の物質 (b 物質) を単離して、カベルネ・ソービニオン果汁に添加すると、耐光性が上昇することが確認された^{4,5)}。

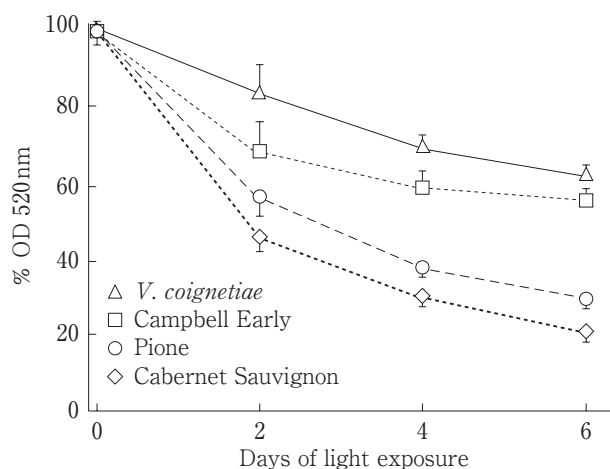


Fig. 7 Light decomposition of juice anthocyanin in *V. coignetiae* and three grape cultivars.

この物質の化学的特性を明らかにするために、ODS カラムによって単離し、ESI-LC/MS 分析した結果、この物質は分子量194のアグリコンにグルコースが2分子結合した配糖体であり、全体の分子量は519または518と推定された¹⁷⁾。しかし、最終的な同定はまだなされていない。

(2) b 物質のブドウ属植物内分布

b 物質は、ヤマブドウの樹により含量に差があるのかを2004年に、ヤマブドウ以外のブドウ属植物にも含まれているのかを2005年に調査した¹²⁾。2004年は、蒜山で栽培されているヤマブドウ6系統9樹を供試した。2005年には、蒜山のヤマブドウ2系統3樹と、岩手県久慈市、山形県鶴岡市、北海道池田町で栽培されているヤマブドウの収穫果実を供試した。ヤマブドウとカベルネ・ソービニオン (*V. vinifera*) との交雑品種であるヤマ・ソービニオン果実を蒜山から、北海道のヤマブドウとセイベルなどの交雑から得られた清舞、山幸の果実を北海道池田町から入手した。一般的な栽培品種として、岡山大学実験圃場及びひるぜんワイン(有)実験圃場で栽培されているカベルネ・ソービニオン、シャルドネ、マスカット・

オブ・アレキサンドリア、アルフォンス・ラバレー (以上 *V. vinifera*)、ピオーネ、マスカット・ベリーA、キャンベル・アーリー、スチューベン、デラウェア (以上 *V. vinifera* × *V. labrusca*) の果実を供試した。さらに、香川大学農学部附属農場、京都府立大学農学部附属農場、植原葡萄研究所 (山梨県甲府市) で栽培または保存されている野生ブドウ3種、台木9品種、マスカディンブドウ (*V. rotundifolia*) 2品種の果実も供試した。それぞれ3果房を用い、上記と同様の方法で HPLC 分析し、B 物質を250nmの波長で検出した。

蒜山のヤマブドウ果汁中の b 物質含量は、樹により大きく異なったが、同じ系統では同程度であった。また、b 物質含量は、蒜山産のE樹、岩手県の山下系、山形県の朝日1号で特に高かった (Fig. 8)。北海道池田町のヤマブドウ果実では、他のヤマブドウ果実の1/4以下の濃度であった。北海道のヤマブドウは *V. amurensis* Rupr. の可能性があるとも言われており、このデータからも *V. coignetiae* とは遺伝的に異なることが推察される。本研究のために入手した各地のヤマブドウ果実は、着果量や気象条件などの栽培条件、果実サンプルの成熟

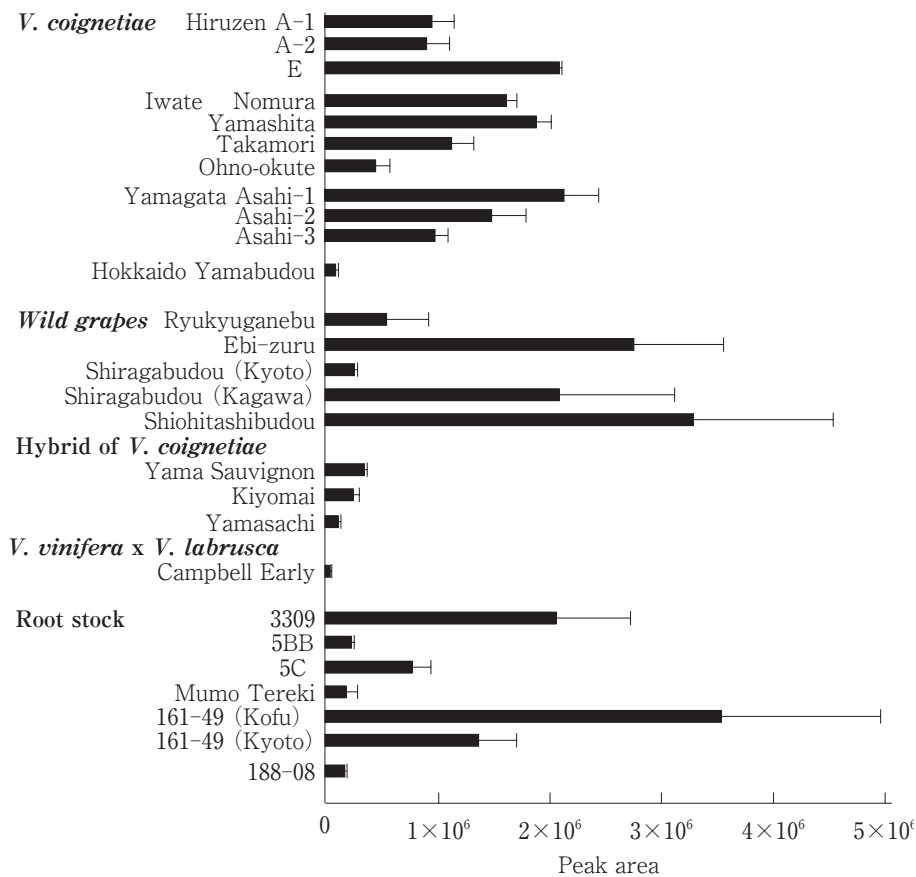


Fig. 8 'B substance' in berries of various kinds of *Vitis* plants. The 'b substance' was not detected in berries of all *vinifera* cultivars (Cabernet Sauvignon, Chardonnay, Muscat of Alexandria, Alphonse Lavalett), most hybrid cultivars (Pione, Muscat Bailey A, Steuben, Delaware), Muscadine grape cultivars (Magnoria, Nesbid), and several of the rootstock cultivars 101-14, 41B, 1202).

の段階が一定であるとは言えない。したがって、ここで得られたデータが各種、系統・品種の特性を正確に示すものとは言えないが、いずれの地域で栽培されているヤマブドウにもb物質が含まれており、同一地域でも系統や品種によってその濃度が異なることは事実と思われる。

野生ブドウ種であるリュウキュウガネブ (*V. ficifolia* var. *ganebu*)、エビヅル (*V. ficifolia* var. *lobata*)、シラガブドウ (*V. shiragai*)、シオヒタシブドウ (*V. sp.*) の果実にもb物質が含まれており、特に、エビヅルとシオヒタシブドウでは、蒜山E樹の1.3~1.5倍も高い含量であった。シラガブドウについては、京都府大農場の果実では蒜山E樹の約13%と低含量であったが、香川大農場で収穫された果実では、E樹と同程度の含量であった。

ヤマブドウとの交雑品種であるヤマ・ソービニヨンの果実では蒜山E樹の約17%で、北海道池田町の清舞と山幸ではそれぞれE樹の12%、5%程度と、いずれも低い濃度ではあったが、確実に含まれていた。

一方、栽培品種の *V. vinifera* の4品種と、ピオーネ、マスカット・ベリーA、スチューベン、デラウェアには全く含まれていなかったが、キャンベル・アーリーには、ごくわずかながら含まれていた。キャンベル・アーリーの育種親であるムーア・アーリーカベルビデレには、b物質が含まれている可能性がある。

マスカディンブドウには、調査した2品種ともに、b物質は含まれていなかった。

台木品種では、3309C (*V. riparia* × *V. rupestris*) の果実に、蒜山E樹と同程度に含まれていた。*V. berlandieri* × *V. riparia* の3品種の内、5CにはE樹の37%が含まれており、これは、5BB、無毛テレキの約2倍の含量であった。161-49C (*V. riparia* × *V. berlandieri*) では、植原葡萄研究所産の果実でE樹の約2.7倍の含量であったが、京都府大農場の果実では、E樹の約66%であった。また、41B、1202Cには含まれていなかったが、これは、交配親に *V. vinifera* が用いられているためかもしれない。

以上のことから、b物質は、ヤマブドウ以外にも、東アジア原産の野生ブドウ4種、ヤマブドウ交雑品種といくつかの台木品種に含まれていることが明らかになった。また、*V. vinifera* の4品種、マスカディンブドウ2品種には全く含まれていなかったことから、b物質は、*V. vinifera* 品種には含まれず、東アジアや北アメリカ原産のブドウ属植物に含まれていると考えられる¹²⁾。

5) ま と め

ヤマブドウ果実は、完熟すれば一般の栽培ブドウに劣らない糖分が蓄積されるが、酒石酸含量が非常に高いために、生食には向かない。アミノ酸は多くの樹では低いが、一般の栽培品種と同程度の含量を含む樹も存在する。果皮には非常に高い濃度でアントシアニンが含まれ、組

成的には *vinifera* 種とは異なっており、*labrusca* 品種と共通する。一方、ヤマブドウ果実にはアントシアニンの光分解を抑制する成分が含まれているが、これは *vinifera* 品種には存在せず、数種の野生ブドウやアメリカ原産品種に由来する台木品種の果実にも存在する。本物質の同定と食品添加物としての利用が期待される。果実全体として高濃度のポリフェノールを含み、抗酸化活性も高い。

ヤマブドウの加工

1) 蒜山で収穫されるヤマブドウ果実の加工の現状

真庭市蒜山がヤマブドウの生産地で、2006年現在、約8haのヤマブドウ園で、毎年20トン程度の果実が収穫されている。同地区にある「ひるぜんワイン(有)」は、2004年から糖度(可溶性固形物含量)を基準にして買い上げている。すなわち、16度以上(Aランク)を1kg当り420円、16~14度(Bランク)を320円、14~12度(Cランク)を220円、それ以下(Dランク)を120円としている。2006年度は、Aランクの果実が全体の45%を占め、残りはBランクであった。同社では、主としてAランクの果実を原料としてワインを醸造し、他はヤマブドウ液(全体の約40%)、フルーツソース(同10%)に利用している。ワインは、100%ヤマブドウワイン(赤)の他、マスカット・ベリーAワインをブレンドした赤ワイン、甲州ワインをブレンドしたロゼワインも製造している。製造されたワインは、蒜山地域内と岡山市内で販売されている。

2) ワイン醸造技術の研究とその成果

すでに述べたように、ヤマブドウ果実は、一般の赤ワイン用ブドウ品種に比べて、マスト(発酵用の果汁)の酸含量が非常に高く、色素、ポリフェノールも豊富である反面、アミノ酸含量は著しく低い。また、果房が小さい割には穂軸が太く、強い。果粒は小さく、果皮が厚い特徴を持つ。これらのことから、一般のワイン用品種を用いたワイン醸造の場合とは異なる醸造技術の検討が必要であった。

(1) 「足踏み破碎」の導入

ヤマブドウ果実は上記のように果粒が小さく果皮が厚いため、一般の除梗・破碎機を通しただけでタンクに移す方法では、果汁が少なく、果皮が浮き上がる状態となる。この状態では均一なマストの成分測定もできないため、正確な補糖量(最終的に糖度25~26度に調整)が決定できない。その対策として、除梗・破碎した果実を平たい容器に移し、足で丁寧に踏んで果実を十分に潰すことにした。この工程には、500kgの果実に対して約20分間を要するが、ワイン作りの原点とも言える作業が、ヤマブドウのワイン作りで復活することになった。

(2) 減酸の研究

酸とポリフェノール含量が高いことから、当初の一般的な製法によるワインでは酸味と渋味が強すぎるもので

あった。これをヤマブドウワインの特徴として好む消費者もあったが、一般的にはなじめないとする評価が多かった。これを改善するために、減酸の研究を種々行った。まず、酵母の選択として、高酸マストに適合するとされる数種の酵母を用いて試験醸造し、ヤマブドウマストに最も適するものを選抜した。

次に、MLF (Malolactic fermentation) の導入を試験した。この方法は、乳酸菌によってリンゴ酸を乳酸に変え、ワインの酸度を低下させると同時に風味を改善する。ヤマブドウマストの醸しは、25℃で約1週間をかけて行われ、その後、エアープレス機で圧搾搾汁したものを2次発酵(後発酵)に移す。発酵終了後にスターターである乳酸菌の凍結乾燥粉末を添加する。開始時期や亜硫酸濃度、アルコール濃度、品温などの最適条件の把握には微妙なものがあり、これを成功裏に活用するための研究に数年を要した。

減酸の最後の手段はワインの冷却処理である。二次発酵終了後、ワインを-4℃の冷媒中に約1週間、循環させることによって、酒石酸を結晶(酒石)として除去する。

以上の3段階の減酸操作により、それまでのヤマブドウワインの風味は大幅に向上した。経験的な判断として、その中でMLFの導入が最も効果が大きく、次いで、酵母の選択、冷却処理の効果の順と推定される。このような醸造技術の変更に伴って、当初は水道水で発酵タンクを冷却し、あるいは後発酵の段階ではこたつヒーターで保温していたものをジャケット付きのタンクに改造して、的確な温度管理ができるように設備面でも改善した。

(3) 樽による風味改善

上述のように、初期のヤマブドウワインは酸味や渋味など、強烈な個性を持つ反面、風味の厚さや奥行きが乏しい欠点も備えていた。赤ワインとしてのボディをさらに向上するために、オーク樽に貯蔵する方式を採用した。発酵が終了してからオリ引きし、ワインを新樽で約4か月間、3年樽で1年間貯蔵した。新樽のワインと3年樽のワインではワインの味や香りが明らかに相違する。これをベストの比率でブレンドすることによって、ヤマブドウ赤ワインとして安定した品質に仕上がることになる。しかし、ブレンドの比率の決定は、今後、検討する余地が大いにある。この樽貯蔵の導入と、ブレンド技術の向上が、現在の赤ワインの評価につながっていると思われる。2005年に製造された *Vitis coignetiae* RED 2005 は、2006年の国産ワインコンクールで奨励賞、全国むらおこし特産品コンテストで経済産業大臣賞、さらに2007年の国産ワインコンクールで奨励賞を、また、ひるぜん[赤]は銅賞を得た^{10,11,21)}。

(4) 加熱充填から無菌充填方式へ

ビン詰後のワインの変質や二次発酵を防ぐために、従来は60℃に加熱してからコルク打栓した。しかし、数年

前から、非加熱で0.5μmのカートリッジフィルターで酵母を除去、無菌状態で自動的にビン詰できる装置を導入した。非加熱にすることで、樽貯蔵で得られたワインの樽香などの好ましいフレーバーが維持され、ワインの品質は明らかに改善された。

(5) ロゼワインなどの製造技術

当初のヤマブドウワインの酸味・渋味改善の1方法として、赤ワインにマスカット・ベリーAを、またロゼワインに甲州をブレンドした。マスカット・ベリーA果実を45%加えて醸造したワインでは、減酸効果は認められたが、重い甘味が加わって、満足のいくものではなかった。現在は、他県で製造されたマスカット・ベリーAのワインをヤマブドウワインにブレンドすることによって安定したマイルドタイプのヤマブドウ赤ワインを生産している。また、ロゼワインについては、ヤマブドウ果実の白仕込み(マストの段階で果皮を分離してから、発酵を開始する)でワインを醸造し、これに山梨県産の甲州ワインをブレンドしている。ヤマブドウの美しい赤紫色とフルーティー香が生かされ、甘酸のバランスがよく、飲みやすいワインとして2003年の国産ワインコンクールで銅賞を授与された。

3) ジュースなど

蒜山産のヤマブドウ果実から、ワイン以外にブドウジュースとフルーツソースが製造されている。ジュースは、熱処理だけで搾汁、一冬貯蔵することによって酒石を除く。鉄分が多く含まれ、健康食品として購入する人が多い。当初は酸味が強いので、蜂蜜などを加えて飲むように薦めたが、糖度別の買い取り制度になってからは原料果実の糖度が高く、酸味が低下し、ストレートジュースとして人気がある。年間3,500本程度(360mL)が販売されている。

フルーツソースの製造には、色素やエキス分が多く含まれる果皮成分を抽出するため、加熱後、メッシュで裏ごしする。ヨーグルトやアイスクリーム、ケーキのトッピングとして用いると、ヤマブドウの濃い紫色が美しく、果実の香りが添加される。

4) ワインビネガー醸造とその特性

ヤマブドウの果実の持つ高濃度のアントシアニン色素とポリフェノール、そして有機酸、特に1%を超える酒石酸の活用法として、ワインビネガーの製造を試みた。この研究は、2003~2004年度の「おかやまバイオアクティブ」のプロジェクトとして採択され、その支援を得て実施した¹⁹⁾。

蒜山で収穫されたヤマブドウ果実を徐梗・破碎後、ブドウ搾汁機(BUCHER, RPF15)で搾汁(搾汁率:約60%)した。搾汁前の加熱処理は行わなかった。この果汁60Lを岡山県備前市の武用五郎辺衛商店(株)に搬入し、30L容の備前焼の瓶に入れ、アルコール発酵酵母(LARVAN 71B)2.4gを加えて25℃で発酵させた。ア

ルコール濃度が約6%に達した段階で酢酸菌パストリアヌスを表面移植し、酢酸発酵を開始した。酢酸発酵開始後も室温を25℃に保ち、約2か月後に総酸濃度が6%に達した段階で発酵完了とした。製造されたヤマブドウのワインビネガーは、原料の濃い色調を留めており、濃厚で美しいものであった (Fig. 9)。

ヤマブドウワインビネガー製品の試作として、このビネガーにヤマブドウ果汁の原液または4倍濃縮液を種々の比率で加えた (Table 5)。岡山市、倉敷市、備前市の大学生・院生および一般市民合計189名 (男性108名、女性81名; 18~78歳)、および中国杭州市の浙江大学生と職員45名 (男性20名、女性25名; 18~52歳) に試飲してもらい、その評価をまとめた²⁰⁾。全年代の男女を一括したドリンク用としての嗜好の分布は Fig. 10に示すとおりで、ワインビネガーに1:3の割合で果汁を加えたものには約98%の人が「とてもよい」または「よい」と評価したが1:1, 2:1の混合比では、「酸い」+「酸くて飲めない」が半数を超えた。一方、4倍濃縮果汁を1:1で加えたものに対して、「とてもよい」+「よい」の評価が約97%と高かった。濃縮果汁を2:1で加えた場合は、「とてもよい」+「よい」は約67%で、「酸くて飲めない」とする人も約10%あった。男女別で比較すると、男性は酸味が強ければ濃い甘味があっても好まない傾向であった。年代別では嗜好性に大差がなかった。

中国・浙江大学での評価は、男性、女性とも日本人と共通した傾向であった。しかし、等量の4倍濃縮果汁を加えたサンプル以外では、「とてもよい」+「よい」の割合が日本人の評価に比べて全般的に低く、濃厚に含まれるヤマブドウの風味を日本人ほど好まないことが伺われた。

5) ま と め

濃厚な色素やポリフェノール、高濃度の糖と酸を含むヤマブドウ果実の特性を活かし、ワイン、ジュース、ワインビネガーなどの加工品製造が行われている。赤ワインとしては、当初は酸味と渋味が強すぎる傾向にあった

Table 5 TSS, acidity, and pigment concentrations of 6 tasting samples of *Vitis coignetiae* wine vinegar mixed with original juice.

Sample (Vinegar : juice ^{a)})	TSS (Brix)	pH	TA ^{b)} (mg/100mL)	OD ₅₂₀ ^{c)}
1 : 3	11.4	2.7	2.61	1.56
1 : 2	10.5	2.7	3.06	1.62
1 : 1	8.9	2.8	3.86	1.76
2 : 1	6.9	2.9	5.01	1.96
1 : 1-conc	32.7	2.7	4.56	3.65
2 : 1-conc	23.4	2.7	5.02	2.87

^{a)} Conc, 4-times concentrated juice.

^{b)} As acetic acid equivalent.

^{c)} Each sample was diluted with 3-times volume of water.

が、その後の醸造方法の改善によって品質が向上し、国内でのワインコンクールで入賞するレベルに達した。ワインビネガーは地域特産物として試作され、濃厚でフルーティーなビネガーが得られた。ヤマブドウ果実が本来的に有する種々の機能特性が明らかにされつつあり、今後、これらの加工品が健康食品としても注目され、ヤマブドウ産業が一層拡大するものと期待される。

要 約

岡山県真庭市蒜山で、地域特産物として1980年代から栽培が始められたヤマブドウ (*Vitis coignetiae* Pulliat) について、1993年から現在まで、系統の識別、結実と果実発育の特性、果実成分の分析を行った。その結果、雌雄異株であるヤマブドウの結実安定のためには、受粉昆虫の活動が必要で、有用な数種の訪花昆虫が同定された。ヤマブドウの雌ずいは形態的に発育がよく、確実に受粉されれば、結実安定は達成される。しかし、ヤマブドウ樹は乾燥には強いが、耐湿性は低く、また、ベト病抵抗性も高くないので、ブドウ園の立地条件が重要である。成熟果実には糖、酸が高濃度で含まれるが、アミノ酸濃度は低い。しかし、探索の結果、一般の赤ワイン用品種と同程度のアミノ酸含量を持つ樹が発見された。また、ヤマブドウ果実には高濃度の色素が含まれるが、同時にこの色素の光分解を抑制する成分が含まれていることが明らかになった。今後、この成分の同定と食品添加物としての利用が期待される。蒜山地区内のひるぜんワイン(有)ではヤマブドウワイン製造の技術改善が続けられ、赤およびロゼワインとして高い評価を得るようになった。また、「おかやまバイオアクティブ」の開発プロジェクト

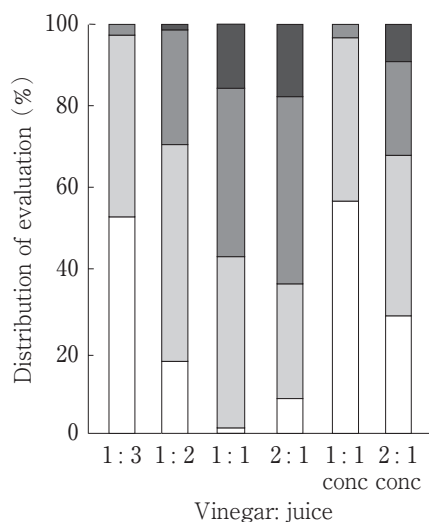


Fig. 10 Tasting evaluation of *Vitis coignetiae* wine vinegar samples by 170 persons. Conc, 4-times concentrated juice. Tasting panel was composed of 98 men and 72 women. ■, unacceptable; ▒, unsavory; □, acceptable; □, tasty.

としてワインビネガーの試作も行われた。現在、発ガン抑制などの機能性研究も進められており、健康食品としての生産拡大が期待される。

謝 辞

本学部を中心として行われたヤマブドウ研究に参加され、熱心な研究活動を展開された下記の学生、院生諸氏に対して、心から感謝の意を評する。

小村健二(1997年度卒業論文)、Paulo Hiroshi Kimura(1998年博士論文)、青木秀之(2000年度卒業論文)、藤原雅志(2001年度卒業論文)、李 登科(2002年度中国国費研修員)、今井 孝(2004年度修士論文)、植木啓司(2004年度博士論文)、後藤信太郎(2005年度卒業論文)

また、本研究に対して、日本食品化学研究振興財団より2002年と2003年に研究費資金の提供を受け、おかやまバイオアクティブより2003年と2004年にプロジェクト研究資金の提供を受けた。記して感謝の意を表する。

引用文献

- 赤松博美：フードシステム連携強化・循環推進対策事業。地域資源活用新製品開発事業報告書，1-18。月山ワイン山ブドウ研究所(2002)
- Fujiwara, M.: Effect of vine vigor on berry ripening in *Vitis coignetiae* Pulliat. Graduation Thesis of Faculty of Agriculture, Okayama University, (2002)
- Igarashi, K., K. Takanashi, M. Makino and T. Yasui: Antioxidative activity of major anthocyanin isolated from wild grapes (*Vitis coignetiae*). *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, **36**, 852-856 (1989)
- 今井 孝・市 隆人・植木啓司・平野 健・岡本五郎：ヤマブドウ (*Vitis coignetiae* Pulliat) 果皮中色素の光安定性に関するポリフェノール物質について。J. ASEV. Jpn., **14**, 135-135 (2003)
- 今井 孝：ヤマブドウ (*Vitis coignetiae* Pulliat) 果皮中色素の光安定性に関するポリフェノール物質について。岡山大学大学院自然科学研究科修士論文(2004)
- Kimura, P. H., G. Okamoto and K. Hirano: The main insects related to pollination in *Vitis coignetiae* Pulliat. ASEV. Jpn., **8**, 196-197 (1997)
- Kimura, P. H., G. Okamoto and K. Hirano: Flower types, pollen morphology and berry set in *Vitis coignetiae* Pulliat. *Am. J. Enol. Vitic.*, **48**, 323-327 (1997)
- Kimura, P. H., G. Okamoto and K. Hirano: Artificial pollination in *Vitis coignetiae* Pulliat. *Vitis*, **47**, 83-86 (1998)
- Kimura, P. H., G. Okamoto, and K. Hirano: The mode of pollination and stigma receptivity in *Vitis coignetiae* Pulliat. *Am. J. Enol. Vitic.*, **49**, 1-5 (1998)
- 小宮山美弘：国産ワインコンクール (Japan Wine Competition) 開催の道程と開催報告。J. ASEV. Jpn., **14**, 91-104 (2003)
- 小宮山美弘：Japan Wine Competition (第2回国産ワインコンクール) 開催報告。J. ASEV. Jpn., **15**, 69-75 (2004)
- 後藤信太郎・岡本五郎・平野 健：ブドウ属植物の果汁に含まれるアントシアニンの光分解を防ぐポリフェノール成分について。J. ASEV. Jpn., **17**, 61-69 (2006)
- 李 登科・植木啓司・壇原東吾・平野 健・岡本五郎：蒜山で栽培されるヤマブドウ (*Vitis coignetiae* Pulliat) 樹の形態的・遺伝的相違。J. ASEV. Jpn., **13**, 90-91 (2002)
- Okamoto, G., K. Ueki, T. Ichi, H. Aoki, M. Fujiwara and K. Hirano: Juice constituents and skin pigments in *Vitis coignetiae* Pulliat grapevines. *Vitis*, **41**, 161-162 (2002)
- Okamoto, G., K. Ueki, T. Imai and K. Hirano: A comparative study of drought excess-water tolerance in *Vitis coignetiae* and several table grapes in Japan. *Sci. Rep. Fac. Agri. Okayama Univ.*, **93**, 39-43 (2004)
- 岡本五郎：ヤマブドウ (*Vitis coignetiae* Pulliat) 果皮に含まれるアントシアニンの天然着色料並びに健康食品成分としての有用性・機能性。日本食品化学研究振興財団第9回研究成果報告書，pp.102-106 (2003)
- 岡本五郎：ヤマブドウ (*Vitis coignetiae* Pulliat) 果皮に含まれるアントシアニンの天然着色料並びに健康食品成分としての有用性・機能性。日本食品化学研究振興財団第10回研究成果報告書，pp.64-68 (2004)
- 岡本五郎・今井 孝・水野秀昭・長瀬賢二：ヤマブドウを原料としたワインビネガーの成分特性。J. ASEV. Jpn., **15**, 63-68 (2004)
- 岡本五郎：ヤマブドウを原料としたワインビネガーの血糖値低下、肥満解消などの機能特性評価とその製品化。バイオアクティブおかやま平成16年度実用化研究事業成果報告書，21-29 (2005)
- 岡本五郎・賈 惠娟・後藤信太郎：ヤマブドウを原料としたワインビネガーの飲用としての嗜好調査。J. ASEV. Jpn., **17**, 2-6 (2006)
- Okamoto, G.: Poor berry set in tetraploid grapes-Causes and improvement of vineyard practices. ASEV. Jpn., **18**, 00-00 (2007)
- 小坂田嘉昭：Japan Wine Competition 2005 (第3回ワインコンクール) 開催報告。J. ASEV. Jpn., **16**, 85-96 (2005)
- 新保国・市 隆人・植木啓司・岡本五郎：ヤマブドウ (*Vitis coignetiae* Pulliat) 色素の化学構造および熱・光安定性。日本農芸化学会2002年度大会講演要旨集，218-220 (2002)
- 田代重哉：山形県における山ブドウ栽培の概況。特産果樹情報提供事業報告書 (ヤマブドウ)，pp.17-29，中央果実生産出荷安定基金協会，東京 (1997)
- 寺崎留吉・奥山春季：日本植物図譜，pp.470-471，平凡社，東京 (1977)
- 植木啓司・青木秀之・岡本五郎・平野 健：ヤマブドウ果実の成熟に及ぼす葉数の影響と果汁成分の特徴。J. ASEV. Jpn., **12**, 58-65 (2001)
- 植木啓司・今井 孝・岡本五郎・平野 健：蒜山で栽培されるヤマブドウ (*Vitis coignetiae* Pulliat) の樹による果皮中のアントシアニン組成の比較。J. ASEV. Jpn., **13**, 123-127 (2002)
- 植木啓司・今井 孝・岡本五郎・平野 健：蒜山産ヤマブドウ果汁及びワインの全フェノール含量とラジカル消去活性。J. ASEV. Jpn., **14**, 77-82 (2003)
- 植木啓司・岡本五郎：ヤマブドウ樹と数品種の栽培ブドウ樹の耐病性比較。J. ASEV. Jpn., **16**, 3-8 (2005)
- Winkler, A. J., J. A. Cook, W. M. Kliewer and L. A. Lider: General Viticulture. pp.126-129, Univ. California Press, Cal. (1974)